91-04221/

Rapports techniques de l'IFNP

Institut forestier national de Petawawa, Chalk River (Ontario) K0J 1J0, Canada

11

EFFICACITÉ DES MOUSSES IGNIFUGES

E. Stechishen
Chef de programme
Systèmes d'extinction

L'extinction des incendies forestiers dépend de l'isolement d'au moins un des côtés de ce qu'on appelle le triangle du feu, c'est-à-dire soit de l'air, soit du combustible, soit de la chaleur. À cette fin, l'eau a été massivement utilisée; dernièrement, les retardateurs se sont illustrés dans la lutte à l'aide des aéronefs. La nécessité d'épandre des quantités copieuses d'eau a été le mobile de la recherche visant à améliorer les qualités extinctrices de l'eau. Actuellement, les mousses ignifuges semblent offrir la réponse. En édifiant une architecture bulleuse, l'eau acquiert des caractéristiques nouvelles qui améliorent l'extinction. La mousse s'attaque aux trois côtés précités du triangle du feu et procure des avantages secondaires qui favorisent l'extinction. Chaque qualité de la mousse peut parfois modifier plus d'un paramètre de l'incendie, donc les avantages nets se multiplient.

La relation la plus simple s'établit entre la mousse et l'air. Très peu visqueuse, l'eau adhère en très petite quantité à la surface sur laquelle elle est projetée. Si celle-ci n'est pas très rugueuse ni très poreuse, il n'en reste bientôt que très peu. Semi-liquide la plupart du temps, la mousse s'écoule peu à peu sous l'effet de la pesanteur après qu'elle est au repos. L'eau sous forme de mousse adhère et subsiste donc en plus grande quantité et plus longtemps en un point donné. Durant cet intervalle, la mousse agit comme barrière durable et coupe l'apport d'air enrichi en oxygène vers la surface du combustible. Quant à l'eau vaporisée, elle est piégée à l'interface du combustible par la couche de mousse, tandis que les poches d'air à proximité du combustible atteignent un degré élevé d'humidité. La mousse empêche la libre circulation de l'air : chargé d'humidité, celui-ci n'est pas remplacé par de l'air sec. Lorsque l'eau arrive au contact de la braise, elle forme à l'interface une pellicule adhérante qui est facilement vaporisée, faisant place à de l'air oxygéné qui intensifie la combustion. Lorsque ce même volume d'eau est multiplié par dix, la couche résultante de mousse forme une enveloppe protectrice plus épaisse.

Dans le triangle du feu, le segment chaleur est coupé de l'air et du combustible de plusieurs façons par la couche de mousse. La luminance de cette dernière réfléchit une partie de l'énergie incidente et absorbe le reste. La sphéricité des bulles provoque la dissipation latérale de l'arrivée de l'énergie et réduit au minimum le préchauffage localisé. Dans la masse de bulles, le trajet de l'énergie passe par le liquide qui entoure et qui constitue la pellicule des bulles ainsi que par l'air à l'intérieur de ces dernières. Ces cellules d'air agissent comme poches isolantes qui diffusent considérablement l'énergie radiante, quand celle-ci pénètre dans la mousse. L'énergie ainsi absorbée sert à évaporer l'eau piégée dans l'architecture de bulles. Le résultat net est le ralentissement de l'évaporation par unité de surface ainsi que le réchauffement et l'oxygénation retardés de la surface du combustible. La mousse isole physiquement le combustible en combustion du milieu ambiant et l'étouffe. Le refroidissement survient lorsque l'énergie dégagée à l'interface de la combustion se dissipe. Le risque de rallumage est réduit et ce dernier ne survient que lorsque l'énergie produite est supérieure à l'énergie nécessaire pour dissiper totalement la couche de mousse.

Dans le triangle du feu, le combustible subit également l'influence diverse de la mousse. Contrairement à l'eau, une application généreuse de mousse ne s'écoule pas instantanément, mais graduellement et enveloppe les particules de combustible sur lequel elle atterrit; beaucoup plus d'eau est donc retenu dans la masse de bulles par unité de surface de combustible et il y en a plus pour mouiller la surface et absorber la chaleur. L'agent tensio-actif de la mousse réduit la tension

superficielle de la solution qui passe d'environ 72 à moins de 33 mN/m. À cette tension, les liaisions moléculaires du liquide se relâchent suffisamment pour que l'eau puisse s'étaler ainsi que mouiller et pénétrer les matières poreuses. Parce que la mousse repose à l'endroit même où elle atterrit, elle libère le liquide qui la constitue à une vitesse réglée, ce qui permet le mouillage beaucoup plus efficace du combustible. Les surfaces difficiles à mouiller, sur lesquelles s'écoule l'eau, se couvrent de mousse et, en y séjournant, celle-ci les mouille à l'aide de l'agent mouillant. Les surfaces verticales sont également difficiles à mouiller à l'eau, même si elles sont hydrophiles, mais lorsque l'eau se trouve à l'état de mousse, une quantité beaucoup plus considérable peut être retenue et peut servir à mouiller la surface et à absorber la chaleur. La rigidité et la durée de la vie de l'édifice de bulles dépend de l'uniformité de ces dernières, du pourcentage d'eau et d'air dans le mélange, de l'exposition au soleil et au vent ainsi que de l'efficacité du générateur de mousse. Sur le terrain, la descente de la mousse subit beaucoup plus que celle de l'eau l'effet de la résistance de l'air et des mouvements de ce dernier. Il s'ensuit que la mousse pénètre par des trouées pour envelopper le combustible qui, dans d'autres circonstances, pourrait ne pas être mouillé. Cet enrobage isole les matières volatiles qui se dégagent des particules de combustible ou, du moins, les dilue au point où le seuil d'inflammation est fortement modifié. La vitesse contrôlée de cassage de la mousse n'améliore pas seulement le mouillage, mais, également, elle modifie le microclimat à l'intérieur du complexe de combustibles. À l'intérieur d'un peuplement d'essences ligneuses, cet échappement de liquide provoque un phénomène semblable à la bruine.

Résultat d'incendies expérimentaux de laboratoire

L'emploi de stations de brûlage dirigé pour évaluer l'efficacité des mousses est une méthode laborieuse d'acquisition des données, en raison de l'étalement et du peu de disponibilité de journées propices à la combustion. Afin de compléter les données de terrain dont on disposait déjà et les données des brûlages ultérieurs, on a entrepris des expériences de combustion au laboratoire afin de déterminer la supériorité relative de la mousse par rapport à l'eau. Afin de fixer la dose d'application nécessaire pour arrêter un feu se répandant dans des rémanents brûlant à diverses intensités, on s'est servi du mode d'extinction indirecte (prétraitement). Dans les conditions de vent nul de laboratoire, on a modifié l'intensité du feu en accroissant la charge de combustible. L'intensité maximale possible équivalait à celle d'un léger feu de friche.

On s'est servi de deux types de combustible : des branches d'épinettes blanches sans aiguille, d'un diamètre de moins de 1,5 cm; des branches de sapin baumier pourvues de toutes leurs aiguilles. La quantité requise de combustible séché à l'air a été étalée uniformément à la main sur toute la surface de la couche (1,5 m sur 3,0) pour s'assurer de la constance relative de l'épaisseur du combustible ainsi que de sa densité de charge.

Une rampe mobile suspendue a servi à l'application des agents d'extinction (eau ou mousse). Après avoir caché la moitié de la couche de combustible sous une bâche, on a appliqué l'agent d'extinction à la dose spécifiée sur le combustible exposé. Dès que la bâche a été enlevée et que le combustible a été placé sous la hotte, l'extrémité exposée du combustible non traité a été allumée. Ont été enregistrés le moment où le feu a atteint chaque point successif de mesure (à tous les 0,5 m) et le moment où le feu s'est éteint en atteignant le combustible traité ou après avoir partiellement entamé une partie de ce dernier. La partie brûlée de la couche de combustible a été dessinée à l'échelle, à mesure que le feu progressait.

La dose d'application a été enregistrée pour chaque épreuve, tandis que l'on a calculé l'intensité du feu après correction pour tenir compte de l'humidité du combustible. La vitesse de propagation du feu dans le combustible non traité et le ralentissement de la propagation du feu qui a brûlé tout le combustible insuffisamment traité ont été calculés. L'intensité de chaque incendie a été calculée à l'aide de l'équation de Byram :

$$I = HWR$$

Des épreuves parallèles ont été effectuées avec de l'eau et de la mousse. Les quantités requises pour empêcher le feu d'entamer le combustible traité ont été mises sur graphiques.

Épreuves avec des rémanents d'épinette blanche

L'eau s'est écoulée jusqu'au fond de la couche de combustible; seule une partie du volume appliqué a protégé les particules de combustible contre l'allumage immédiat. La mousse est restée là où elle avait été appliquée, en s'écoulant graduellement pour enrober les particules de combustible, facilitant donc le séjour d'une plus grande quantité d'eau à la surface du combustible. Les propriétés isolantes et mécaniques de la mousse ont permis de réduire de 30 %, par rapport à l'eau, les quantités à appliquer (fig. 1). Les variations dans l'efficacité des mousses de marques différentes (Silv-ex et Chemonics n^{o} 103) n'étaient pas significatives. La

mousse produite par la rampe avait un coefficient de foisonnement de cinq à six, tandis que sa vitesse d'écoulement (fig. 2) était faible. Ainsi, une quantité raisonnable subsistait sur le combustible à l'arrivé du feu, quelque 4 à 7 minutes après l'application de la mousse.

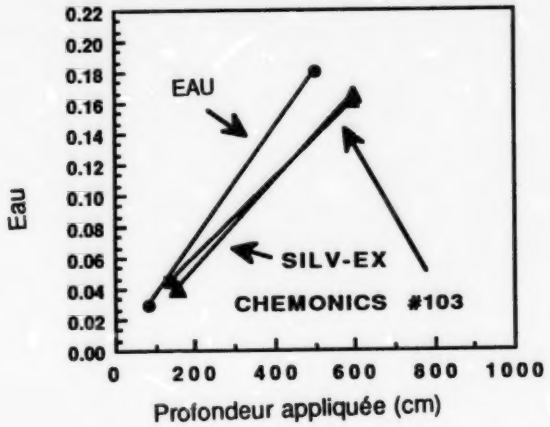

Figure 1. Quantités minimales d'eau, de mousses silv-ex et de Chemonics n° 103 requises pour supprimer au laboratoire le feu des rémanents d'épinette blanche (le niveau d'application de mousse est exprimé en profondeur de solution utilisée pour générer la couche de mousse.)

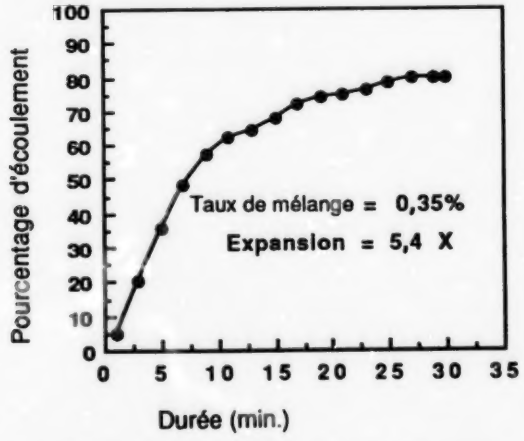

Figure 2. Pourcentage d'écoulement en cas de Chemonics n° 103.

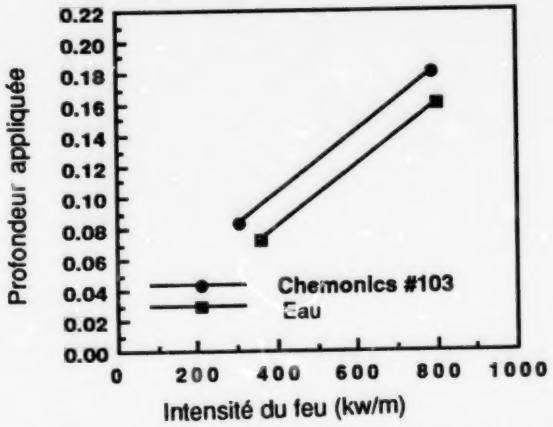

Figure 3. Quantités minimales d'eau et de mousse Chemonics n° 103 requises pour supprimer au laboratoire le feu des rémanents de sapin baumier (le niveau d'application de mousse est exprimé en profondeur de solution.

Épreuves avec des rémanents de sapin baumier

Les branches de sapin baumier possédaient toutes leurs aiguilles; les rémanents formaient donc un enchevêtrement continu de combustible. L'eau appliquée sur le dessus a percolé jusqu'au fond, en mouillant un peu la masse. Cependant, la mousse a formé une couverture continue sur toute la couche de combustible en mouillant peu à peu mais lentement la partie inférieure de cette dernière à mesure qu'elle y pénétrait. La quantité de liquide disponible pour le mouillage a été limitée, en raison de l'écoulement lent de la mousse (fig. 2). La mousse n'a donc pas été aussi efficace que l'eau contre le feu dans cet édifice particulier de combustible (fig. 3). La fourchette d'intensité du feu dans cette série d'expériences a été de 300 à 800 kW/m, tandis que l'écart d'application entre l'eau et la mousse est resté constant à 0,021 cm. Cet écart dans la quantité appliquée s'étrécirait pour même disparaître si une mousse plus fluide était utilisée parce que le mouillage se ferait immédiatement après le stationnement de la mousse à la surface de l'enchevêtrement de combustible et que son comportement ressemblerait à celui de l'eau, sauf pour ce qui est de ses qualités surfactives.

This report is available in English

1991

ISSN 1180-5757
ISBN 0-662-96800-X
Catalogue No. Fo29-26/11F